Über die mechanische Trennung der Mineralien.

Von **C. Doelter.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Mai 1882.)

Während bis vor wenigen Jahren die Erkennung und approximative Bestimmung der Gesteinsgemengtheile und das Studium der Structur dass Ziel der petrographischen Forschung gewesen ist, hat man heut zu Tage erkannt, das die vollkommene Kenntniss der einzelnen Bestandtheile eines Gesteines, sowie das quantitative Verhältniss der letzteren nothwendig seien, um ein Gestein vollständig kennen zu lernen.

Wenn dieses Ziel erreicht sein wird, so kann die bisher nur auf unvollkommene Kenntniss der Gesteine basirte Nomenclatur und Classification wesentlich erleichtert und vereinfacht werden, und in den so vielfach verschiedenen Typen wird eine Sichtung und Klärung eintreten.

Zu diesem Zwecke ist die Isolirung der Gesteinsgemengtheile eine der ersten Bedingungen. Sind die dazu angewandten Methoden derart, dass sie eine vollständige Trennung der Mineralien ermöglichen? Bei dem jetzigen Standpunkte dieser Frage kann man mit Sicherheit nur in einer, allerdings grossen Anzahl von Fällen eine bejahende Antwort auf diese Frage geben, bei vielen dichten Gesteinen ist sie zu verneinen. Es ist aber schon ein enormer Gewinn, dass man bei sehr vielen körnigen und porphyrartigen Gesteinen dahin gekommen ist, vermittelst der Isolirungsmethoden nicht nur die genaue Kenntniss einzelner Gemengtheile zu erhalten, sondern auch eine approximative Schätzung der quantitativen Gesteinszusammensetzung zu geben, welche sich durch Formeln ausdrücken lässt.

Doch muss jedenfalls die Genauigkeit der angewandten Methoden geprüft werden, damit nicht auf unrichtige Unter-

suchungen basirte Schlüsse zum Ausgangspunkte weiterer Speculationen gemacht wurden.

Drei Methoden, welche zuerst von Fouqué angewandt worden sind, liegen bisher in dieser Richtung vor.

Die erste Methode, vermittelst des specifischen Gewichtes die Mineralien zu sondern, ist vielleicht die genaueste, wo sie überhaupt anwendbar ist; es gibt aber eine grosse Zahl von Fällen, wo die Scheidung wegen des annähernd gleichen specifischen Gewichtes nicht anwendbar ist. Nach meinen Erfahrungen genügt die Goldschmidt'sche Lösung in den meisten Fällen, und nur in selteneren wird es nothwendig sein, die specifisch schwerere borowolframsaure Cadmiumlösung, welche D. Klein anwendet, zu Hilfe zu ziehen.

Ich will, da diese Methode schon genügend geprüft wurde, mich nicht weiter bei derselben aufhalten, bemerke nur, dass zur ersten Scheidung meiner Ansicht nach, am besten hohe Bechergläser gebraucht werden, während zur Wiederholung der Thoulet'sche Apparat recht zweckmässig erscheint.

Die zweite Methode besteht in der Anwendung des Elektromagnetes, über welche ich bereits früher meine Erfahrungen veröffentlicht habe.

In einer gegen mich gerichteten Notiz [1] sagt Herr v. Pebal, dass der Anwendung trockenen Pulvers, die von in Wasser suspendirtem vorzuziehen sei, da dabei die durch directe Berührung der einzelnen Körnchen entstehenden Fehler wegfallen. Ich habe mich aber durch directe Versuche überzeugt, dass jene Fehler derart gering sind, dass sie keine Störung bedingen, und namentlich gegenüber der weit grösseren Schwierigkeit, homogenes Pulver zu erhalten, verschwindende sind. Die Anwendung der v. Pebal'schen Methode bringt aber andere Fehler mit sich, welche unter Umständen zu vollkommen unbrauchbaren Resultaten führen können. Behandelt man feines Pulver in Wasser, so ballen sich die einzelnen Körnchen zu Klumpen zusammen, und es werden eisenfreie Mineralien von den eisenhältigen magnetischen Theilen mitgerissen, man kann also, wenn man z. B. ein Gemenge von Biotit, Augit, Fldspath, mit einem schwachen Strom, behufs

[1] Sitzungsberichte der Akademie. März 1882.

Isolirung des Augites behandelt, neben diesem Mineral eine Menge von Biotit und Feldspath mitextrahiren, welche auch bei der Wiederholung der Operation nicht wegzubringen ist.

Dass überhaupt jene Methode zur vollständigen Zerlegung von Gesteinen wegen der Verluste, die hier nothwendigerweise weit grösser sind, als bei trockenem Pulver, nicht geeignet ist, und dass bei feinem Pulver die so wichtige mikroskopische Untersuchung des Pulvers, ohne welche eine Controle unmöglich, kaum durchführbar ist, sei nur beiläufig erwähnt. Ich muss daher daran festhalten, trockenes Pulver anzuwenden.[1]

In jener Notiz sagt v. Pebal weiter, dass er schon seit Jahren die Anwendung des Elektromagneten (in Vorlesungen) empfohlen, es aber nicht für nothwendig gehalten habe, diese Idee zu veröffentlichen, da er dies für etwas ganz Selbstverständliches gehalten habe.

Es ist jedenfalls merkwürdig, dass etwas so Selbstverständliches bisher ganz unbeachtet blieb, während plötzlich, nachdem die Anregung dazu gegeben war, in einer Reihe von Arbeiten die Anwendung des Elektromagnetes empfohlen wird, wie die Publicationen der allerneuesten Zeit beweisen.[2] Aber selbst wenn die Idee der Anwendung des Elektromagneten selbstverständlich wäre, so bliebe noch die Art und Weise der Anwendung offen, und dass diese eben nicht selbstverständlich gewesen, beweist v. Pebal selbst in den von ihm citirten Worten Untschj's, welch' letzterer den Elektromagneten zur Extraction von Magneteisen aus Basalt benützt. Das ist aber gerade der Fall, wo die Anwendung dieses Apparates nicht nur unnütz, sondern ausgeschlossen ist, denn wer ein aus Augit, Olivin, Magnetit bestehendes Pulver damit behandelt, zieht alle drei Mineralien aus, und kann daher keine Scheidung bewerkstelligen. Aus jenen Worten geht eben hervor, dass Untschj den wichtigsten Zweck des Elektromagnetes, nämlich Mineralien zu extrahiren, welche keinen attractorischen Magnetismus haben, verkannt hat; um Magnetit

---

[1] Wie dies auch von Fouqué und einigen unten citirten Forschern geschehen ist.

[2] Cathrein, Zeitschrift für Krystallographie 1882, III. Heft. Oebbecke, N. J. f. Mineral. 1882. Ergänz. Heft.

auszuziehen, braucht man keinen Elektromagneten, dies wird schon seit vielen Jahren einfach mit einer Magnetnadel bewerkstelligt,[1] und wer den Elektromagneten nur zu solchen Zwecken anwenden will, braucht darüber allerdings keine eigene Abhandlung zu schreiben.

Daher ist auch die Priorität der richtigen Verwendung des Elektromagneten zur mechanischen Zerlegung der Gesteine Fouqué einzuräumen,[2] weil er zuerst eisenfreie Mineralien, wie Feldspath, von eisenführenden, wie Augit, Olivin getrennt hat; möglich, dass auch Untschj diese Idee gehabt, aber in jenen von Herrn v. Pebal citirten Zeilen hat er sie jedenfalls nicht ausgesprochen.[3]

Bei der grossen Wichtigkeit der Methode scheint es mir nothwendig, meinen früheren Bemerkungen noch Einiges hinzuzufügen.

Wie zu erwarten, gelingen die Versuche am besten dort, wo die Structur des Gesteines sich als körnig erweist. Bei Syeniten, Diabasen ist es überraschend, nach wenigen Minuten oft das graue Pulver in ein weisses, die feldspathfreien Mineralien und ein dunkles, die übrigen enthaltend, zerlegt zu sehen.

---

[1] Vergl. Zirkel, Petrographie. Bonn, 1866.

[2] In Übereinstimmung damit. Vergl. Oebbecke, loc. cit., Rosenbusch, N. J. f. M., I. Heft, 1882.

[3] Was die Behauptung v. Pebal's anbelangt, dass schon früher von Plücker, Wiedemann u. A. Versuche in Bezug auf die Anziehung durch Elektromagneten bei vielen Mineralien gemacht worden seien und zwar nach einer weit besseren Methode, als der meinigen, so ist darauf einfach zu erwiedern, dass, abgesehen von dem Umstande, dass nur sehr wenige Mineralien behandelt worden waren (nämlich drei der von mir untersuchten 35 Mineralien), jene Versuche überhaupt für die Scheidung der Mineralien belanglos sind und zu ganz anderen Zwecken angestellt wurden; es waren daher weitere Versuche nothwendig, um einen Vergleich der bei verschiedenen Mineralien extrahirten Mengen zu ermöglichen und dazu war eben die directe Methode, wie ich sie angewendet habe, sowie die Zerlegung der künstlichen Gemenge, allein geboten. Ich bin sogar der Ansicht, dass noch mehr Versuche nothwendig sein werden, um die Methode gehörig auszubilden; wer aber behauptet, dass solche Versuche unnütz waren, zeigt wenig Verständniss der hier in Betracht kommenden Fragen.

Bei dichteren Gesteinen ist es allerdings nothwendig, die Operation öfters zu wiederholen, da hier die Menge der Zwischenproducte, d. h. aus nicht homogenem Material bestehenden Theile grösser ist. Bei ganz dichten Gesteinen, welche fein vertheiltes Magneteisen in grosser Menge enthalten, wird daher die Operation auch unmöglich gemacht. In allen Fällen hat es sich nun gezeigt, dass nur dann genaue Resultate, namentlich wenn es sich um vollständige Trennung der Bestandtheile handelt, erzielt wurden, wenn man die beiden Methoden miteinander verbindet, wobei sich jedoch keine Regel aufstellen lässt, mit welcher der beiden begonnen werden muss.

Bemerkt sei noch, dass es in jenen Fällen, wo man eisenfreie Mineralien behufs Analyse isoliren will, nützlich ist, zum Schlusse, nachdem die Operationen mit gröberem Pulver (von 0·1—0·3 Mill. Korngrösse) vollendet sind, feines Pulver herzustellen, um die Einschlüsse eisenhaltiger Mineralien zu extrahiren.

Eine in letzterer Zeit häufiger angewandte Methode ist die Anwendung von Flusssäure in verschiedenen Concentrationsgraden. Ich habe in mehreren Fällen versucht, vermittelst derselben Mineralien zu trennen, muss aber gestehen, dass ich die beiden übrigen Methoden dieser weit vorziehe. Die Trennung der Feldspathe von leicht löslichen Mineralien, Nephelin, Leucit, Haüyn, vermittelst kalter, sehr verdünnter Flusssäure, ist oft schwierig durchzuführen, obgleich Orthoklas nur wenig angegriffen wird, wenn nicht eine Temperaturerhöhung eintritt. Nur ist die Schwierigkeit gross, die richtige Concentration der Säure zu finden, welche von sehr grossem Einflusse für die Löslichkeit ist. Besser gelingt die Anwendung der Flusssäure, falls man jene löslichen Mineralien Leucit, Nephelin, Haüyn, Anorthit von den in Säure unlöslichen Pyroxen, Amphibol, Biotit trennen will.

Sind jedoch letztere Mineralien von den Feldspathen zu scheiden, so ist auch hier einige Unsicherheit vorhanden, man kann sich davon überzeugen, wenn man ein künstliches Gemenge von Augit, Biotit, Plagioklas und Orthoklas behandelt; man muss schon ziemlich lange und bei erhöhter Temperatur behandeln, um den Orthoklas zu zerstören, aber in diesem Falle wird auch der Augit mit angegriffen werden.

Ich behandelte einen Phonolith mehrere Male mit derselben Flusssäure, ohne zu erhitzen. Die Mengen des unlöslichen Theiles waren, je nachdem das Pulver gröber oder feiner war, und auch je nach der Zeit der Behandlung beträchtlich verschieden, so dass ich es aufgeben musste, auf diese Art den löslichen Theil zu bestimmen. Zu letzterem Zwecke ist es noch besser Salzsäure anzuwenden. Zur vollständigen Trennung der Bestandtheile eines Gesteines ist daher diese Methode weit weniger anwendbar; doch wird sie in solchen Fällen recht gute Dienste leisten, wo es sich um Isolirung eines einzigen Gemengtheiles handelt.

Was die Behandlung mit anderen Säuren anbelangt, behufs Isolirung der Gemengtheile, so scheint eine solche nicht in allen Fällen günstige Resultate zu ergeben.

Versuche, die ich mit Salzsäure anstellte, führten nur dann zu dem Zwecke, wenn es sich um Trennung leicht löslicher Gemengtheile Leucit, Nephelin, Anorthit, Haüyn, von unlöslichen: Orthoklas, Biotit, Hornblende, Augit handelt. Aber schon beim Olivin, wo man längere Zeit die Einwirkung fortsetzen muss, sind die Resultate zweifelhaft, da in solchen Fällen auch der sonst für unlöslich geltende Augit etwas angegriffen wird. Ich habe bei verschiedenen Augiten Löslichkeitsversuche in concentrirter kochender Salzsäure gemacht und gefunden, dass die Augite bei langer Einwirkung angegriffen werden. Auch andere, für unlöslich geltende Mineralien werden in solchem Falle angegriffen, namentlich wenn sie, wie ja dies bei so vielen Gesteinen der Fall ist, etwas zersetzt sind. Es ist aber die schwache Seite der Trennung der Mineralien durch Säuren überhaupt, dass dieselbe frische unzersetzte Mineralien voraussetzt, um genaue Resultate zu geben.

Eine Anwendung der Salzsäure ist aber in jenen Fällen geboten, wo man den löslichen Theil des Gesteines bestimmen will, was in vielen Fällen zur quantitativen Gesteinsbestimmung sehr wichtig ist, wie z. B. bei Phonolithen, Diabasen etc. Störend ist dabei nur, dass manche Augite bei langer Behandlung mit concentrirter Salzsäure angegriffen werden, aber es ist noch besser Salzsäure als Flusssäure anzuwenden. Bei Phonolithen, wo übrigens die Einwirkung der Säure keine lange zu sein braucht, wird man meistens zu ziemlich guten Resultaten gelangen und

auf diese Weise den Nephelin von Orthoklas isoliren können, was sonst in genauer Weise nicht gelingt, denn mit dem Elektromagneten kann man Nephelin nur dann von Orthoklas scheiden, wenn ersterer viele Einschlüsse von Augit und Magnetit enthält, was allerdings nicht selten ist.

Will man vermittelst Säure den Olivin oder Plagioklas von anderen Mineralien trennen, so wird man gut thun, zuerst Augite oder sonstige Mineralien, welche durch Säure, wenn auch nur in Spuren angegriffen werden, wo dies überhaupt möglich ist, durch eine der beiden erstgenannten Methoden zu trennen, und dann das Pulver mit Säure zu behandeln; ich bemerke noch, dass bei der Behandlung mit Säure behufs Bestimmung des löslichen Theiles, es am besten ist, sehr feines Pulver anzuwenden.

Ich bin übrigens der Meinung, dass bei weiteren Versuchen mit verschiedenen Säuren und auch anderen Lösungsmitteln, es vielleicht doch gelingen wird, etwas präciser lösliche Mineralien von unlöslichen zu scheiden, was in vielen Fällen, wo die ersten Methoden nicht anwendbar sind, sehr wichtig wäre; doch scheinen mir hier noch weitere Versuche in Bezug auf die Löslichkeit der verschiedenen Mineralien nothwendig. Sollen die Versuche zu einem genauen Resultate führen, so ist es vor Allem nothwendig, solche mit einer Säure von bestimmter Concentration und ungefähr bei derselben Temperatur auszuführen; in diesem Falle sind die gelösten Mengen annähernd gleich und man kann zu einigermassen guten Resultaten gelangen. Allerdings ist hier die Korngrösse des Pulvers ungleich weit wichtiger, als bei den früher genannten Methoden und muss sehr genau festgestellt werden. Meinen Erfahrungen nach gelingen die Versuche am besten, wenn man feines Pulver, das sich leicht und gleichmässig erhalten lässt, anwendet, aber in diesem Falle wird die mikroskopische Controle schlecht durchführbar, und dies wird immer ein Nachtheil der Methode bleiben. Man wird jedenfalls zu dieser nur dann greifen, wenn die beiden anderen eben zu keinem Resultate führen.

Was nun die Mengen anbelangt, welche zur Zerlegung eines Gesteines nothwendig sind, so gab Fouqué,[1] welcher bekanntlich zuerst Gesteine in ihre Bestandtheile zu scheiden versuchte, an,

[1] Sautorin, Paris, 1879.

dass dazu grosse Quantitäten, ein bis zwei Kilo, nothwendig seien. Es wäre dies ein Übelstand, denn nicht immer ist man in der Lage so grosse Mengen eines Gesteines zu verbrauchen. Ich habe mich aber bei einer Reihe von Gesteinen überzeugt, dass solche grosse Quantitäten nicht nothwendig sind, es wäre denn der Fall, dass man einen selteneren accessorischen Gemengtheil isoliren will; in den meisten Fällen genügen, selbst wenn man die isolirten Mineralien analysiren will, 200 bis 350 Grm., ja oft noch weniger. Will man aber nur eine mechanische Sonderung, ohne Material zu Analysen zu verlangen, bewerkstelligen, so ist es gerathen, überhaupt keine so grossen Quantitäten anzuwenden, da sonst die Operationen, wegen der nothwendigen Wiederholungen, ungemein zeitraubend werden. Mir hat die Erfahrung an vielen Gesteinen gelehrt, dass man wegen der Verluste, welche zu vermeiden nicht ganz gelingt, aber welche bei einiger Sorgfalt doch bedeutend vermindert werden können, zwar nicht zu wenig Pulver nehmen soll, dass aber in den meisten Fällen 20 bis 30 Grm. genügen, ja bei einigen Gesteinen habe ich sogar mit 10 Grm. operiren können. Da die Verluste bei einiger Aufmerksamkeit so ziemlich gleichmässige sind, so sind sie nicht so störend, um die Resultate unbrauchbar zu machen und in denjenigen Fällen, wo überhaupt eine mechanische Sonderung möglich ist, also bei nicht ganz dichten Gesteinen, gelingt es die percentuale Zusammensetzung desselben approximativ festzustellen, so dass es alsdann möglich wird, für das Gestein eine Formel aufzustellen.